

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-119173

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/01  
G02B 6/12  
G02B 6/293  
H04B 10/02

(21)Application number : 09-284946

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 17.10.1997

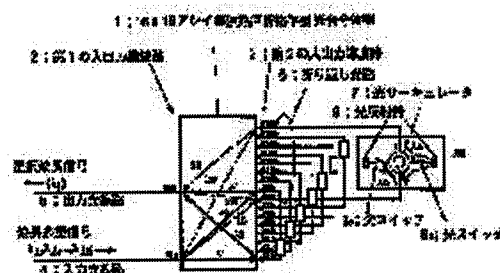
(72)Inventor : TACHIKAWA YOSHIKI

## (54) LIGHT WAVELENGTH SELECTIVE FILTER AND LIGHT WAVELENGTH TUNING TYPE TRANSCEIVER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the number of selective wavelengths by providing an optical switch part consisting of a 4-terminal optical circulator, an optical switch, and a light reflector in a return optical path which couples a specific input/output part of an array waveguide diffraction grating type optical multiplexer demultiplexer.

**SOLUTION:** To extract one wavelength from a 16-wavelength multiplex signal when a wavelength multiplex signal of 16 waves is inputted to an input/output port #1a of the array waveguide diffraction grating type multiplexer demultiplexer 1 and outputted from an optical fiber 5 for output from an input/output port #9a of the said multiplexer demultiplexer 1, an optical switch 8b provided in a return optical path 6 connected between, for example, an input/output port #16b and an input/output port 8b is only driven and then a wavelength signal  $\lambda_{16}$  is selected and can be taken out of the optical fiber 5 for output. Then the optical switch is switched and an optical switch 8a is driven to select another wavelength signal  $\lambda_8$  this time, so that it can be taken out of the optical fiber 5 for output.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-119173

(43)公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 F 1/01  
G 0 2 B 6/12  
6/293  
H 0 4 B 10/02

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/01 C  
G 0 2 B 6/12 F  
6/28 C  
H 0 4 B 9/00 U

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-284946

(22)出願日 平成9年(1997)10月17日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 立川 吉明

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

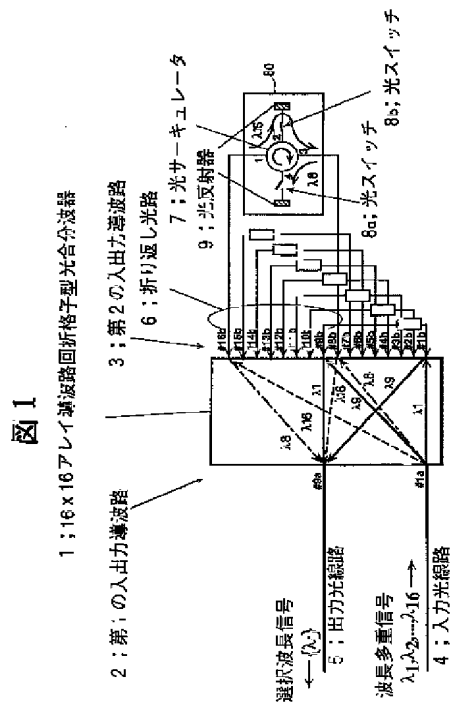
(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

(54)【発明の名称】 光波長選択フィルタおよび光波長同調型トランシーバ

(57)【要約】

【課題】 波長選択の自由度を向上させることが可能な光波長選択を提供する。

【解決手段】 複数の光導波路からなる第1の入出力光導波路群と、第1の平面光導波路と、長さの異なる光導波路群と、第2の平面光導波路と、複数の光導波路からなる第2の入出力光導波路群とを有するアレイ導波路回折格子型光合分波器と、前記第2の入出力光導波路群の中の任意の2本の光導波路間を接続する少なくとも1本の折り返し光路と、前記少なくとも1本の折り返し光路中に設けられ、奇数番目あるいは偶数番目の入出力端子が前記少なくとも1本の折り返し光路に接続される4端子光サーキュレータと、前記4端子光サーキュレータの前記少なくとも1本の折り返し光路に接続されていない偶数番目あるいは奇数番目の入出力端子の各々に、一方の端子が接続された光スイッチと、前記各光スイッチのもう一方の端子に接続される光反射器とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光導波路からなる第1の入出力光導波路群と、第1の平面光導波路と、長さの異なる光導波路群と、第2の平面光導波路と、複数の光導波路からなる第2の入出力光導波路群とを有するアレイド導波路回折格子型光合分波器と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群の中の任意の光導波路に接続される少なくとも1本の入力用光線路と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群の中の任意の光導波路で、前記少なくとも1本の入力用光線路が接続される光導波路と異なる光導波路に接続される少なくとも1本の出力用光線路と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の中の任意の2本の光導波路間を接続する少なくとも1本の折り返し光路と、

前記少なくとも1本の折り返し光路中に設けられ、奇数番目あるいは偶数番目の入出力端子が前記少なくとも1本の折り返し光路に接続される4端子光サーキュレータと、

前記4端子光サーキュレータの前記少なくとも1本の折り返し光路に接続されていない偶数番目あるいは奇数番目の入出力端子の各々に、一方の端子が接続される2個の光スイッチと、

前記各光スイッチのもう一方の端子に接続される2個の光反射器とを備えてなることを特徴とする光波長選択フィルタ。

【請求項2】 前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群および第2の入出力光導波路群は、それぞれN本（Nは整数）の光導波路を有し、前記入力用光線路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路に、また、前記出力用光線路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路に接続され、

さらに、前記少なくとも1本の折り返し光路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目とk番目の光導波路間に接続され、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路への通過波長を $\lambda_i$ 、 $i$ （ $i$ は整数）、および第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{ik}$ 、 $k$ （ $k$ は整数）、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{1j}$ 、 $j$ 、および第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{kj}$ 、 $j$ とすると、 $\lambda_i = \lambda_{ik}$ 、 $j$ 、 $\lambda_{1j} = \lambda_{kj}$ 、 $j$ 、 $(j -$

$i) = (1 - k) = N/2$ なる関係を満足することを特徴とする請求項1に記載された光波長選択フィルタ。

【請求項3】 前記アレイド導波路回折格子型光合分波器、前記折り返し光路、前記光サーキュレータ、前記光スイッチ、および前記光反射器は、同一の光基板上に集積されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載された光波長選択フィルタ。

【請求項4】 複数の光導波路からなる第1の入出力光導波路群と、第1の平面光導波路と、長さの異なる光導波路群と、第2の平面光導波路と、複数の光導波路からなる第2の入出力光導波路群とを有するアレイド導波路回折格子型光合分波器と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群の中の任意の光導波路に接続される少なくとも1本の入力用光線路と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群の中の任意の光導波路で、前記少なくとも1本の入力用光線路が接続される光導波路と異なる光導波路に接続される少なくとも1本の出力用光線路と、

前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の中の任意の2本の光導波路間を接続する少なくとも1本の折り返し光路と、

前記少なくとも1本の折り返し光路中に設けられ、奇数番目あるいは偶数番目の入出力端子が前記少なくとも1本の折り返し光路に接続される4端子光サーキュレータと、

前記4端子光サーキュレータの前記少なくとも1本の折り返し光路に接続されていない偶数番目あるいは奇数番目の入出力端子の各々に、一方の端子が接続される2個の光変復調器と、

前記各光変復調器のもう一方の端子に設けられる2個の光反射器と、

複数の波長多重光のうちの所定の波長光を選択的に変調、復調、あるいは増幅する所定の光変復調器に電気エネルギーを選択的に印加、あるいは光変復調器で生じた電気エネルギーを選択的に検出する少なくとも1つの電子回路を備えることを特徴とする光波長同調型トランシーバ。

【請求項5】 前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群および第2の入出力光導波路群は、それぞれN本（Nは整数）の光導波路を有し、前記入力用光線路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路に、また、前記出力用光線路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路に接続され、

さらに、前記少なくとも1本の折り返し光路は、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目とk番目の光導波路間に接続され、前記アレイド導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力

光導波路群の  $i$  番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の  $l$  番目の光導波路への通過波長を  $\lambda_{i, l}$  ( $l$  は整数)、および第1の入出力光導波路群の  $i$  番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の  $k$  番目の光導波路への通過波長を  $\lambda_{i, k}$  ( $k$  は整数)、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の  $l$  番目の光導波路から第1の入出力光導波路群の  $j$  番目の光導波路への通過波長を  $\lambda_{l, j}$ 、および第2の入出力光導波路群の  $k$  番目の光導波路から第1の入出力光導波路群の  $j$  番目の光導波路への通過波長を  $\lambda_{k, j}$  とするとき、 $\lambda_{i, l} = \lambda_{k, j}$ 、 $\lambda_{i, k} = \lambda_{l, j}$ 、 $(j - i) = (l - k) = N/2$  なる関係を満足することことを特徴とする請求項4に記載された光波長同調型トランシーバ。

【請求項6】 前記アレイ導波路回折格子型光合分波器、前記折り返し光路、前記光サーキュレータ、前記光変復調器、および前記光反射器は、同一の光基板上に集積されていることを特徴とする請求項4または請求項5に記載された光波長同調型トランシーバ。

【請求項7】 前記光変復調器は、光半導体増幅器、電界吸収型光半導体変調器、ニオブ酸リチウム光変調器、あるいは光ファイバ型スイッチであることを特徴とする請求項4ないし請求項6のいずれか1項に記載された光波長同調型トランシーバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長選択フィルタおよび光波長同調型トランシーバに係わり、特に、波長分割多重(WDM: wavelength-division-multiplexing)システム、光交換システム等において光波長多重信号の中から所望の複数波長の光多重信号を取り出す際に有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信システム、例えば、波長分割多重システム、光交換システム等において、光波長多重信号の中から所望の複数波長の光多重信号を取り出す際に、光波長選択フィルタが使用される。

【0003】図4は、アレイ導波路回折格子型分波器を用いた従来の光波長選択フィルタの概略構成を示すブロック図である。この図4に示す光波長選択フィルタは、入力用光線路である入力用光ファイバ(光ファイバ伝送路)16、出力用光線路である出力用光ファイバ(光ファイバ伝送路)15、 $16 \times 16$  アレイ導波路回折格子型光合分波器10、折り返し光路17、光スイッチ群18とから構成される。アレイ導波路回折格子型光合分波器10は、第1の入出力光導波路群13と、スラブ光導波路11、アレイ導波路回折格子105、スラブ光導波路12、および第2の入出力光導波路群14から構成される。また、スイッチ群18の各光スイッチ(181、183、185、187、189、1811、181

3、1815)は、アレイ導波路回折格子型合波器10の第2の各入出力光導波路群14の2つの光導波路の間に結ばれた折り返し光路17中に各々一個ずつ合計8個設けられており、この各光スイッチは特定の光信号を通過、遮断する目的で設けられている。この図4に示す光波長選択フィルタにおいて、16波の波長多重信号光の中から所望の信号光を選択する場合に、相当する波長光が通過するところのスイッチ群18の光スイッチを駆動して通過状態にする。以下、図4に示す光波長選択フィルタの動作を、図3に示すアレイ導波路回折格子型光合分波器10の通過波長の入出力対照表を参照して詳しく説明する。

【0004】図3に示すように、例えば、 $\lambda_1$  から  $\lambda_{16}$  までの16波の波長多重信号光が、光ファイバ伝送路15を介してアレイ導波路回折格子型光合分波器10の第1の入出力ポートの8番目の入出力ポート138aに入力されたとき、 $\lambda_8$  は第2の入出力ポートの1番目の入出力ポート141bへ出力され、 $\lambda_{10}$  は第2の入出力ポートの3番目の入出力ポート143bへ出力されるというように、各波長に応じて異なる入出力ポートに出力され、最終的に $\lambda_{16}$  は入出力ポート149bへ出力される。即ち、波長多重信号は各波長に割り当てられた各入出力ポートへ分波される。

【0005】なお、図3において、第1の入出力導波路aを表す横方向の数字(1~16)が、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の第1の入出力ポートの1番目の入出力ポート131aから16番目の入出力ポート1316aを示し、第2の入出力導波路bを表す縦方向の数字(1~16)が、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の第2の入出力ポートの1番目の入出力ポート141bから16番目の入出力ポート1416bを示している。

【0006】ここで、例えば、図3の破線に示すように、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の入出力ポート141bと入出力ポート142bとの間に接続される折り返し光路17中に設けられる光スイッチ181を駆動して通過状態にすれば、 $\lambda_8$  の信号光だけが光スイッチ181を通過し、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の入出力ポート142bに入力され、結果的に図3に示すように、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の第1の入出力ポートの7番目の入出力ポート137aから光ファイバ伝送路16に出力される。この場合に、光スイッチ181は、 $\lambda_8$  および  $\lambda_9$  の信号光を通過させるが、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の入出力ポート142bからの $\lambda_9$  の信号光は、アレイ導波路回折格子型光合分波器10の入出力ポート141bに入力されるが入出力ポート137aから出力されることはない。その結果、 $\lambda_9$  の信号光に対しては選択ができない。

【0007】このように、従来の光波長選択フィルタで

は、スイッチ群18の各光スイッチを駆動することにより、16波長のうち最大所定の8波長だけしか選択されないで、選択波長および選択波長数が制限され16波長の波長多重信号の中から所望の1波長あるいは複数波長を選択することが不可能であった。なお、このような技術は、特開平7-327024号公報に記載されている。

【0008】また、光通信システム、例えば、波長分割多重システム、光交換システム等において、光源とその波長制御装置を用いなくて光波長多重信号の中から所望の波長信号に対して送受信を行う光波長同調型トランシーバが使用される。

【0009】図5は、アレイ導波路回折格子型光合分波器を用いた従来の光波長同調型トランシーバの概略構成を示すブロック図である。この図5に示す光波長同調型トランシーバは、2個の同一のアレイ導波路回折格子型光合分波器で構成される $1 \times N$ 周波数ルーティング装置(41、42)、光増幅器(活性領域)(481~48n)、電子制御装置(501~50n)とから構成される。 $1 \times N$ 入力周波数ルーティング装置41と $1 \times N$ 出力周波数ルーティング42との間には、N本の光導波路(451~45n、461~46n)によって相互に接続されている。なお、図5において、40はI n Pウェハである。

【0010】この光波長同調型トランシーバは、 $1 \times N$ 入力周波数ルーティング装置41によって分離された光波長の中から、所定の光波長を各光増幅器(活性領域)(481~48n)によって選択的に変調、復調、増幅する。例えば、周波数がF1からFnまでのN周波数の光周波数多重信号光が、入力用光導波路43を介して $1 \times N$ 入力周波数ルーティング装置41の入力ポート#41aに入力されたとき、F1は出力ポート#411bへ出力され、F2は出力ポート#412bへ出力されるというように、各光周波数に応じて異なる出力ポートに分離して出力され、最終的にFnは出力ポート#41nbへ出力される。即ち、光周波数多重信号は、各光周波数に割り当てられた異なる出力ポートへ分離して出力される。

【0011】ここで、例えば、光増幅器483を順方向へ定電流駆動(順バイアス)すれば、F3の信号光だけが光増幅器483で増幅され、 $N \times 1$ 出力周波数ルーティング装置42の入力ポート#423aに入力され、結果的に $N \times 1$ 出力周波数ルーティング装置42の出力ポート#42bから出力用光導波路44に出力される。

【0012】また、任意の光増幅器(481~48n)にパルス電流を印加して光強度変調すれば、光強度変調された波長信号が $N \times 1$ 出力周波数ルーティング装置42の出力ポート#42bから出力用光導波路44に出力される。また、逆方向に定電流駆動(逆バイアス)して光増幅器(481~48n)に誘起する端子電圧変化を

検出すれば、送信されてきた波長信号が復調される。なお、このような技術は、特開平7-202818号公報に記載されている。

#### 【0013】

【発明が解決しようとする課題】前記図4に示す光波長選択フィルタでは、光スイッチ群18中の任意の光スイッチを駆動してN波長のうちから所定の $N/2$ 波長を選択する構成なので、N波長の波長多重信号の中から所望の1波あるいは複数波を自由に選択することが原理的に不可能であった。これは、構成上選択できる波長が $1/2$ に制限されるためである。

【0014】このように、図4に示す光波長選択フィルタでは、 $N \times N$ アレイ導波路回折格子型光合分波器10がN波長の合分波機能を持っているにも係わらず、選択波長数が $1/2$ に制限されてしまい、即ち、図4に示す光波長選択フィルタは波長選択の自由度がなく、N波の高密度波長分割多重通信システムにおいて、N波長の中から任意の1波あるいは複数波長を選択しようとする場合に重大な欠点となるという問題点があった。

【0015】また、前記図5に示す光波長同調型トランシーバは、2個の同一のアレイ導波路回折格子型光合分波器(41、42)を組み合わせて用いる構成なので、両者の波長特性が完全に一致する必要があった。また、光集積化された各光増幅器(481~48n)を駆動してN波長のうちから所定の波長を選択的に変復調する構成なので、各光増幅器(481~48n)が相互に近接し、そのため1つの光増幅器をパルス変調すると、隣接の光増幅器への電流漏れ込みが生じ、電気クロストークが増加する、あるいは、所定の波長信号を受信する際に、隣接する光増幅器からの電気クロストークの影響が無視できないという問題点があった。また、2個のアレイ導波路回折格子型光合分波器(41、42)の波長特性の温度依存性も問題があり、また、光導波路(451~45n、461~46n)と入力用光導波路43(あるいは出力用光導波路44)とのモード不整合により結合損失が増加するという問題もあった。さらに、波長に対する2個のアレイ導波路回折格子型光合分波器(41、42)の伝搬損失が異なるため、この損失を補償しようすると各光増幅器(481~48n)に与える負担が増大するという問題もあった。

【0016】本発明は、前記従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、光波長選択フィルタにおいて、波長選択の自由度を向上させることが可能となる技術を提供することにある。

【0017】また、本発明の他の目的は、光波長同調型トランシーバにおいて、一個のアレイ導波路回折格子型光合分波器を使用し、波長整合性の問題点を解消するとともに回路構成が簡単化することが可能となる技術を提供することにある。

【0018】本発明の前記ならびにその他の目的と新規

な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0020】本発明の光波長選択フィルタにおいては、少なくとも、複数の光導波路からなる第1の入出力光導波路群と、複数の光導波路からなる第2の入出力光導波路群を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器を用い、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の2つの異なる光導波路間を結ぶ少なくとも1本の折り返し光路中に4端子光サーキュレータを配置し、当該4端子光サーキュレータの他の2端子に光反射器を備えた光スイッチを各々接続したことを特徴とする。

【0021】本発明の光波長同調型トランシーバにおいては、少なくとも、複数の光導波路からなる第1の入出力光導波路群と、複数の光導波路からなる第2の入出力光導波路群を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器を用い、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の2つの異なる光導波路間を結ぶ少なくとも1本の折り返し光路中に4端子光サーキュレータを配置し、当該4端子光サーキュレータの他の2端子にそれぞれ光反射器を備えた光変復調器を各々接続したことを特徴とする。

【0022】また、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群および第2の入出力光導波路群は、それぞれN本（Nは整数）の光導波路を有し、前記入力用光線路は、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路に、また、前記出力用光線路は、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路に接続され、さらに、前記少なくとも1本の折り返し光路は、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目とk番目の光導波路間に接続され、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路への通過波長を $\lambda_i$ 、 $1$ （ $1$ は整数）、および第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{ik}$ （ $k$ は整数）、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{1j}$ 、 $j$ 、および第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_{kj}$ 、 $j$ とすると、 $\lambda_i$ 、 $1 = \lambda_{ik}$ 、 $j$ 、 $\lambda_{ik}$ 、 $k = \lambda_{1j}$ 、 $j$ 、 $(j - i) = (1 - k) = N/2$ なる関係を満足することを特徴とする。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0024】なお、実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0025】〔実施の形態1〕図1は、本発明の実施の形態1の光波長選択フィルタの概略構成を示すブロック図である。本実施の形態の光波長選択フィルタは、入力用光線路である入力用光ファイバ4、出力用光線路である出力用光ファイバ5、 $16 \times 16$ アレイ導波路回折格子型光合分波器1、折り返し光路6、および光スイッチ部80とから構成される。ここで、アレイ導波路回折格子型光合分波器1は、前記従来例と同様、第1の入出力光導波路群2と、スラブ光導波路（図示せず）、アレイ導波路回折格子（図示せず）、スラブ光導波路（図示せず）、および第2の入出力光導波路群3から構成される。また、光スイッチ部80は、光サーキュレータ7、光スイッチ（8a、8b）、および光反射器9とから構成されている。アレイ導波路回折格子型光合分波器1は、シリコン（Si）基板や石英（SiO<sub>2</sub>）基板上に石英系ガラス光導波路等で作製されるか、あるいは、シリコン（Si）基板上にフッ素化ポリイミド等の高分子光導波路、リチウム・ナイオベート（LN）基板上にチタン（Ti）拡散のニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）光導波路、InPやGaAs基板上にInGaAsP、GaAlAs等の光半導体光導波路で作製される。

【0026】光スイッチ（8a、8b）は、アレイ導波路回折格子型合波器1の入出力ポート間で決まる波長光を通過、阻止するもので、例えば、光ファイバスイッチ、InGaAsPあるいはGaAlAs等の光半導体アンプ、あるいは、ニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）光導波路スイッチ等が好適に用いられる。伝送用光線路である入力用光ファイバ4および出力用光ファイバ5は、通常の単一モードファイバ、分散シフトファイバ、偏波保持ファイバ等が用いられる。

【0027】一般に、アレイ導波路回折格子型光合分波器1の通過波長は、使用する入出力ポートで原理的に決まる。以下、このアレイ導波路回折格子型光合分波器1の通過波長について、図3に示すアレイ導波路回折格子型光合分波器1の入出力に対する通過波長の関係を示す入出力対照表を用いて説明する。

【0028】図3に示すように、例えば、16波の波長多重信号が入力用光ファイバ4を介してアレイ導波路回折格子型合波器1の入出力ポート#1aへ入力されると、入出力ポート#1bから入出力ポート#16bに、それぞれ $\lambda_1$ から $\lambda_{16}$ の波長が出力される。

【0029】なお、図3において、第1の入出力導波路aを表す横方向の数字（1～16）が、アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第1の入出力ポートの1番目の

入出力ポート#1 aから16番目の入出力ポート#16 aを示し、第2の入出力導波路bを表す縦方向の数字(1~16)が、アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第2の入出力ポートの1番目の入出力ポート#1 bから16番目の入出力ポート#16 bを示している。

【0030】図3の実線で示すように、アレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#8 bと入出力ポート#16 bとを接続すると、 $\lambda_8$ と $\lambda_{16}$ の波長は、ともに入出力ポート#9 aから出力される。同様に、アレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#9 bと入出力ポート#1 bとを接続すると、 $\lambda_1$ と $\lambda_9$ の波長は、ともに入出力ポート#9 aから出力される。このようにして、他の入出力ポートを折り返し光路で接続すると、従来技術で不可能だった16波長の通過特性が得られる。さらに、各波長が通過するこれらの入出力ポート間に設けられた折り返し光路6中に光スイッチ部80を設け、当該光スイッチ部80の光スイッチ(8a, 8b)を駆動することにより、従来例では不可能だった16波長の波長多重信号光の中から任意の波長信号を選択することができる。

【0031】以下、本実施の形態の光波長選択ファイバの動作について、図1に示すように、アレイ導波路回折格子型光合分波器1の入出力ポート#8 bと入出力ポート#16 b間に接続された折り返し光路6中に、その折り返し光路6がそれぞれ端子1と端子3とに接続されるように4端子付光サーキュレータ7を配置し、さらに、その光サーキュレータ7の残りの端子(端子2、端子4)に光反射器9を備えた光スイッチ(8a, 8b)が各々設けられている場合の波長多重信号の選択動作について詳細に説明する。

【0032】16波の波長多重信号が入力用光ファイバ4を介してアレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#1 aへ入力され、アレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#9 aから出力用光ファイバ5から出力される場合で、16波長多重信号の中から1波長を取り出すものとする。例えば、入出力ポート#16 bと入出力ポート#8 bとの間に接続された折り返し光路6中に設けられた光スイッチ8bを駆動させれば、波長信号 $\lambda_{16}$ が選択され出力用光ファイバ5から取り出すことができる。次に、光スイッチを切り替えて光スイッチ8aを駆動すると、今度は別の波長信号 $\lambda_8$ が選択され出力用光ファイバ5から取り出すことができる。このようにして、相当する波長が通る折り返し光路6中の光サーキュレータ7に接続された光スイッチ(8a, 8b)を駆動すれば所望の波長を選択することができる。なお、前記説明では、光信号入力ポートを#1 a、光信号出力ポートを#9 aとしたが、これに限定されるものではなく、他の入出力ポートを使用してもよい。

【0033】即ち、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第1の入出力光導波路群2のi番目の光導波路

に入力用光ファイバ4を接続し、また、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第1の入出力光導波路群2のj番目の光導波路に出力用光ファイバ5を接続し、さらに、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第2の入出力光導波路群3の1番目とk番目の光導波路間に折り返し光路6を接続し、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路への通過波長を $\lambda_i$ 、 $1$ ( $1$ は整数)、および第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路への通過波長を $\lambda_i, k$ ( $k$ は整数)、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_1, j$ 、および第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長を $\lambda_k, j$ とすると、 $\lambda_i, 1 = \lambda_k, j$ 、 $\lambda_i, k = \lambda_1, j$ 、 $(j-i) = (1-k) = N/2$ なる関係を満足すればよい。これにより、N波長に対する入力用光線路と出力光線路間の伝播損失が均衡することが可能となる。

【0034】例えば、 $N=16$ の場合で、 $i=1$ 、 $j=9$ および $k=8$ 、 $1=16$ のとき折り返し光路6を通る信号光波長は $\lambda_i, 1 = \lambda_k, j = \lambda_{16}$ および $\lambda_i, k = \lambda_1, j = \lambda_8$ 、 $(j-i) = (1-k) = N/2 = 8$ となり、図2の入出力対照表に示すように、 $\lambda_8$ および $\lambda_{16}$ の2波長に対する波長選択が可能となる。同様のことが他の1、kの組み合わせに対しても成立する。最終的に16波長に対する選択が可能となる。

【0035】また、本実施の形態では、アレイ導波路回折格子型光合分波器1が狭帯域な光フィルタとして動作するので、不要な雑音光成分を除去することができ、光クロストークを改善することが可能となる。

【0036】なお、本実施の形態において、折り返し光路6、光スイッチ部80(4端子光サーキュレータ7、光スイッチ(8a, 8b)、光反射器9)、それらの要素を結ぶ光ファイバを、アレイ導波路回折格子型光合分波器1と同一の光基板上に集積することも可能である。

【0037】これにより、接続用光ファイバや光コネクタ等の部品点数が削減され、小型化、低価格化を図ることができ、その結果、動作特性の安定性、信頼性の向上(高信頼化)を図ることができる。

【0038】〔実施の形態2〕図2は、本発明の実施の形態2の光波長同調型トランシーバの概略構成を示すブロック図である。本実施の形態の光波長同調型トランシーバは、入力用光線路である入力用光ファイバ4、出力用光線路である出力用光ファイバ5、 $16 \times 16$ アレイ導波路回折格子型光合分波器1、折り返し光路6、および光変復調部81とから構成される。ここで、アレイ導波路回折格子型光合分波器1は、前記実施の形態1と同



様、第1の入出力光導波路群2と、スラブ光導波路（図示せず）、アレイ導波路回折格子（図示せず）、スラブ光導波路（図示せず）、および第2の入出力光導波路群3から構成される。また、光変復調器81は、光サーキュレータ7、光変復調器（88, 816）、および光反射器9とから構成されている。

【0039】アレイ導波路回折格子型光分波器1は、前記実施の形態1と同様、シリコン（Si）基板や石英（SiO<sub>2</sub>）基板上に石英系ガラス光導波路等で作製されるか、あるいは、シリコン（Si）基板上にフッ素化ポリイミド等の高分子光導波路、リチウム・ナイオベート（LN）基板上にTi拡散のニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）光導波路、InPやGaAs基板上にInGaAsP、GaAlAs等の光半導体光導波路で作製される。光変復調器（88, 816）は、アレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート間で決まる波長光を変調、復調、あるいは増幅するもので、例えば、InGaAsPあるいはGaAlAs等の光半導体増幅器、電界吸収型の光半導体変調器、ニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）光導波路変調器、あるいは光ファイバスイッチ等が好適に用いられ、それにより、適用するシステムの要求に柔軟に対応することができる。光反射器9は、光変復調器（88, 816）の一方の劈開端面に直接Ni、Auなどの金属薄膜を蒸着により形成したり、あるいは誘電体多層膜を形成することにより作製される。伝送用光線路である入力用光ファイバ4および出力用光ファイバ5は、通常の単一モードファイバ、分散シフトファイバ、偏波保持ファイバ等が用いられる。

【0040】本実施の形態のアレイ導波路回折格子型合分波器1を用いた光波長同調型トランシーバの動作について、図2に示すように、アレイ導波路回折格子型光合分波器1の入出力ポート#8bと出力ポート#16b間に接続された折り返し光路6中に、当該折り返し光路6が端子1と端子3とに接続されるように4端子付光サーキュレータ7を配置し、その光サーキュレータ7の残りの端子（端子2と端子4）に光反射器9を備えた光半導体増幅器31が、光変復調器（88, 816）として各々設けられている場合の波長多重信号の変調、復調、増幅動作について以下に詳細に説明する。

【0041】16波の波長多重信号光が入力用光ファイバ4を介してアレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#1aへ入力され、アレイ導波路回折格子型合分波器1の入出力ポート#9aより出力用光ファイバ5から出力される場合に、16波長多重信号の中から1波長を取り出すとすれば、例えば、入出力ポート#16bと#8bとの間に接続された折り返し光路6中の光変復調器816（即ち、光半導体増幅器31）をバイアス端子（T）を介して順方向にバイアスしておき、バイアス端子（T）の高周波ポートよりパルス信号を入力させれば波長信号λ16がパルス変調され出力用光ファイバ

5から送出することができる。

【0042】また、光変復調器816をバイアス端子（T）を介して順方向にバイアスしておき、バイアス端子（T）の高周波ポートより光半導体増幅器31のPN接合に誘起される端子電圧を検出すればパルス変調された波長信号λ16が復調される。この場合、光信号は復調しても損失を受けない。むしろ、光半導体増幅器31を通過するので、ロスレスの光タップとして機能させることができる。

【0043】また、光変復調器816を零あるいは逆バイアスにしておくと、光信号が活性層で吸収されるので、波長信号λ16が完全にドロップされ出力用光ファイバ5から送出しないようにすることもできる。さらに、光変復調器816を順方向にバイアスして利得を与えると、ファイバ伝送路を伝播するあいだに減衰した微弱な光信号を増幅して出力用光ファイバ5から送出することもできる。

【0044】次に、光変復調器を切り替えて光変復調器88（即ち、光半導体増幅器）を駆動すると、今度は別の波長信号λ8に対して変調、復調、増幅動作を行うことができる。

【0045】このようにして、相当する波長が通る折り返し光路6中の光サーキュレータ7に接続された光変復調器（88, 816）（光半導体増幅器31）を駆動すれば所望の波長に対して信号処理をすることができる。

【0046】なお、前記説明では、光信号入力ポートを#1a、光信号出力ポートを#9aとしたが、これに限定されるものではなく、他の入出力ポートを使用してもよい。

【0047】即ち、前記実施の形態1と同様、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第1の入出力光導波路群2のi番目の光導波路に入力用光ファイバ4を接続し、また、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第1の入出力光導波路群2のj番目の光導波路に出力用光ファイバ5を接続し、さらに、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器1の第2の入出力光導波路群3の1番目とk番目の光導波路間に折り返し光路6を接続し、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路への通過波長をλ<sub>i, 1</sub>（1は整数）、および第1の入出力光導波路群のi番目の光導波路から第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路への通過波長をλ<sub>i, k</sub>（kは整数）、前記アレイ導波路回折格子型光合分波器の第2の入出力光導波路群の1番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長をλ<sub>1, j</sub>、および第2の入出力光導波路群のk番目の光導波路から第1の入出力光導波路群のj番目の光導波路への通過波長をλ<sub>k, j</sub>とすると、λ<sub>i, 1</sub>=λ<sub>k, j</sub>、λ<sub>i, k</sub>=λ<sub>1, j</sub>、（j-i）=（1-k）=N/2なる関係を満足すればよい。

これにより、 $N$ 波長に対する入力用光線路と出力光線路間の伝播損失が均衡することが可能となる。

【0048】例えば、 $N=16$ において  $i=1$ 、 $j=9$  および  $k=8$ 、 $l=16$  のとき折り返し光路6を通る信号光波長は  $\lambda_i$ 、 $l=\lambda_k$ 、 $j=\lambda_{16}$  および  $\lambda_i$ 、 $k=\lambda_l$ 、 $j=\lambda_8$ 、 $(j-i)=(l-k)=N/2=8$  となり、 $\lambda_8$  および  $\lambda_{16}$  の2波長に対する波長選択が可能となる。同様のことが他の  $l$ 、 $k$  の組み合わせに対しても成立する。最終的に16波長に対する選択が可能となる。

【0049】また、本実施の形態の光波長同調型トランシーバでは、光源とその波長制御装置が不要であり、その結果、保守が容易となり装置コストの低減に寄与することができる。

【0050】なお、本実施の形態2の光波長同調型トランシーバでは、折り返し光路6、光変復調部81（光サーキュレータ7、光変復調器（88、816）、光反射器9）、それらの要素を結ぶ光ファイバが、該アレイ導波路回折格子型光合分波器1と同一の光基板上に集積することも可能である。これにより、接続用光ファイバや光コネクタ等の部品点数が削減され、低価格化を図ることができる。その結果、動作特性の安定性、信頼性の向上を図ることができる。

【0051】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0052】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0053】（1）本発明によれば、アレイ導波路回折格子型光合分波器の定められた入出力部を結ぶ折り返し光路中に、4端子光サーキュレータ、光スイッチおよび光反射器とからなる光スイッチ部を設けるようにしたので、従来例では選択不可能だった波長が選択可能になり、選択波長数が従来例の2倍にすることが可能となる。

【0054】（2）本発明によれば、アレイ導波路回折格子型光合分波器の入出力ポート数と同じ数の波長を任意に選択でき、また、折り返し光路の接続の仕方次第で、折り返し光路付アレイ導波路回折格子型光合分波器の通過波長に対する通過損失が波長毎に等しく揃ういわ

ゆる損失等化が可能である。

【0055】（3）本発明によれば、アレイ導波路回折格子型光合分波器の定められた入出力部を結ぶ折り返し光路中に、4端子光サーキュレータ、光変復調器および光反射器とからなる光変復調部を設けるようにしたので、従来例では同じ特性のアレイ導波路回折格子型光合分波器が2個必要だったのが1個で済み、波長整合の問題が解決され、それにより、回路構成が簡単になる。

【0056】（4）本発明によれば、アレイ導波路回折格子型光合分波器は狭帯域な光フィルタとして動作するので、不要な雑音光成分を除去することができ、光クロストークが改善される。

【0057】（5）本発明によれば、全ての構成要素をアレイ導波路回折格子型光合分波器と同一基板上に光集積したので、小型化、低価格化、高信頼化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の光波長選択フィルタの概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態2の光波長同調型トランシーバの概略構成を示すブロック図である。

【図3】アレイ導波路回折格子型光合分波器の入出力対照表を示す図である。

【図4】従来の光波長選択フィルタの概略構成を示すブロック図である。

【図5】従来の実施の形態の光波長同調型トランシーバの概略構成を示すブロック図である。

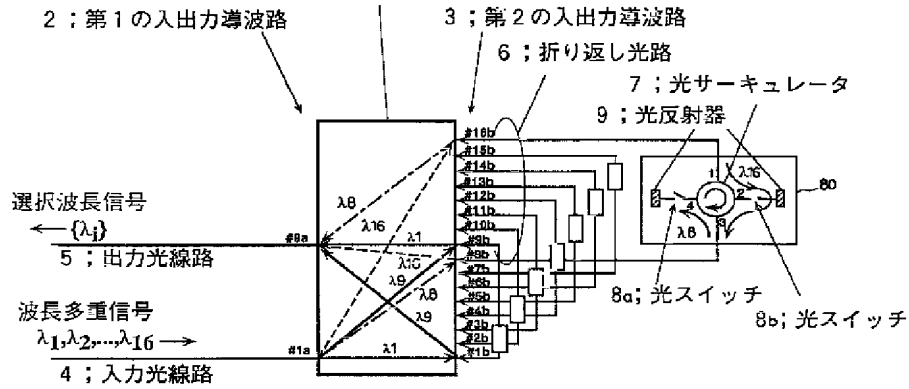
【符号の説明】

1、10…16×16アレイ導波路回折格子型光合分波器、2、13…第1の入出力光導波路群、3、14…第2の入出力光導波路群、4、16…入力用光ファイバ（入力光線路）、5、15…出力用光ファイバ（出力用光線路）、6、17…折り返し光路、7…光サーキュレータ、8a、8b、181、183、185、187、189、1811、1813、1815…光スイッチ、9…光反射器、11、12…スラブ光導波路、18…光スイッチ群、31…光半導体増幅器、40…InPウエハ、41…1×N入力周波数ルーティング装置、42…N×1出力周波数ルーティング装置、43、44、451～45n、461～46n…光導波路、481～48n…光増幅器（活性（ドーパ）領域）、501～50n…電子制御装置、80…光スイッチ部、81…光変復調部、88、816…光変復調器、105…アレイ導波路回折格子。

【図1】

図1

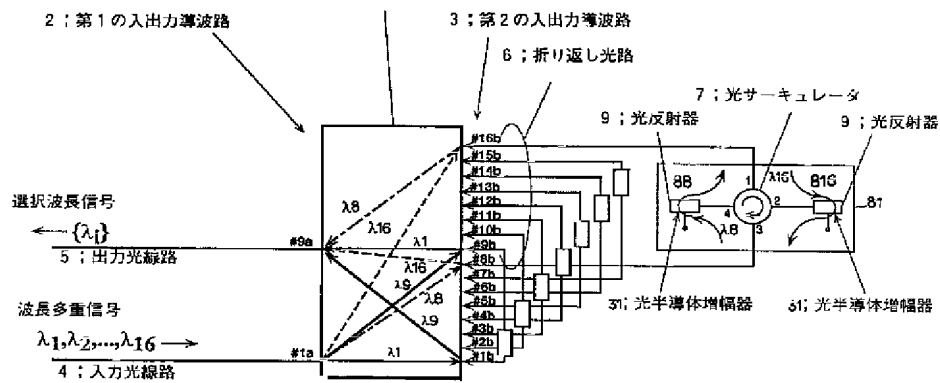
1 ; 16 x 16アレイ導波路回折格子型光合分波器



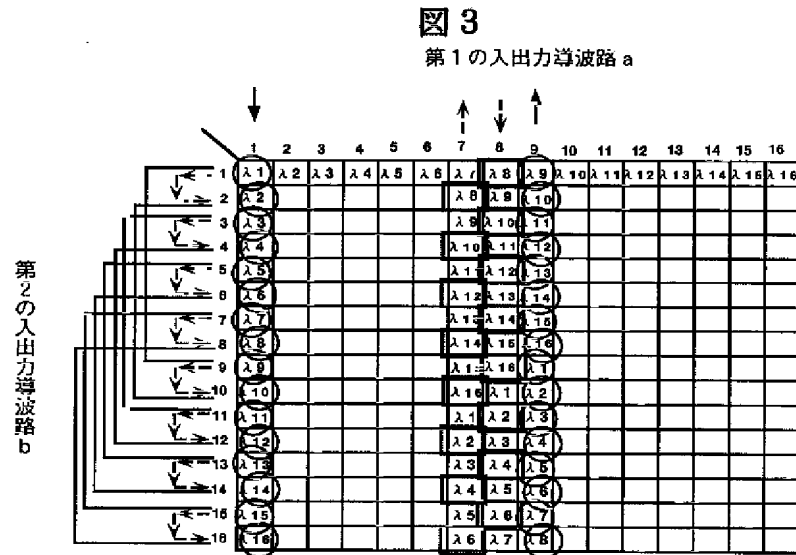
【図2】

図2

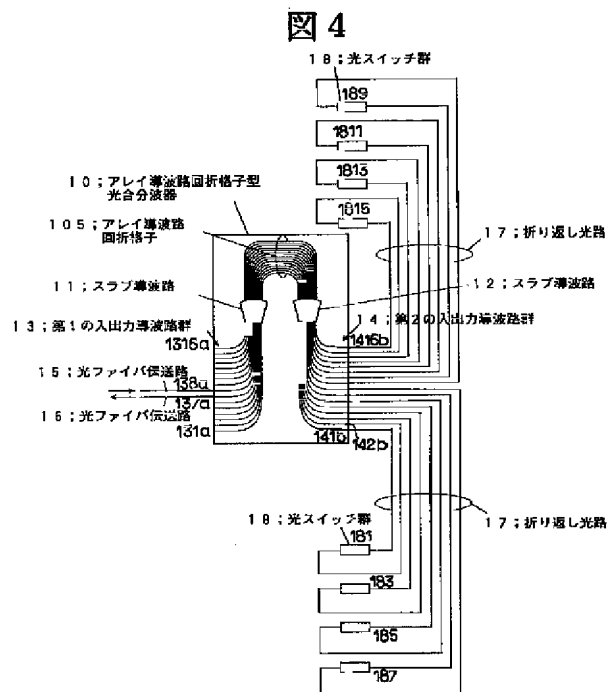
1 ; 16 x 16アレイ導波路回折格子型光合分波器



【図3】



【図4】



【図5】

図5

